



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 42 33 324 C 2

⑤1 Int. Cl.⁶:
G 01 F 23/288
G 01 D 3/028
G 01 S 13/88

②1 Aktenzeichen: P 42 33 324.5-52
②2 Anmeldetag: 5. 10. 92
④3 Offenlegungstag: 7. 4. 94
④5 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 1. 2. 96

DE 42 33 324 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:

Krohne Meßtechnik GmbH & Co KG, 47058 Duisburg,
DE

⑦4 Vertreter:

Patentanwälte Gesthuysen, von Rohr, Weidener,
45128 Essen

⑦2 Erfinder:

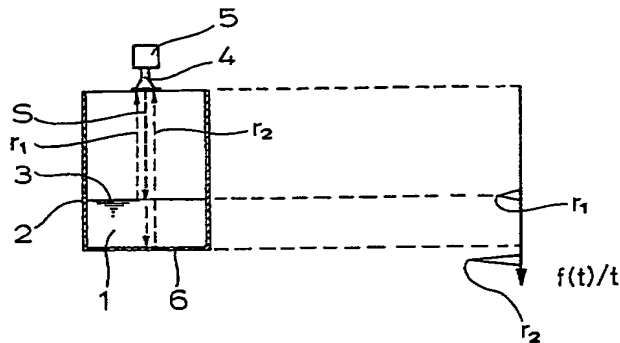
Pol, Ronald van der, Venlo, NL

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DD 1 50 939 A1
WO 90 12 292 A1

⑤4 Verfahren zur Messung des Füllstandes einer Flüssigkeit in einem Behälter nach dem Radarprinzip

⑤7 Verfahren zur Messung des Füllstandes einer Flüssigkeit in einem Behälter nach dem Radarprinzip, mit Hilfe einer ein Mikrowellensignal in Richtung auf den Flüssigkeitsspiegel und den Boden abstrahlenden, über dem Flüssigkeitsspiegel angeordneten Sendeantenne und mit Hilfe einer unter anderem ein am Flüssigkeitsspiegel reflektiertes Signal und ein am Boden des Behälters reflektiertes Bodensignal empfangenden Empfangsantenne, bei welchem der tatsächliche Bodenabstand zwischen Sendeantenne bzw. Empfangsantenne und dem Boden des Behälters bekannt ist und bei welchem für die Flüssigkeit im Behälter die Dielektrizitätszahl und die Permeabilitätszahl zumindest annähernd bekannt sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Laufzeit des Bodensignals bestimmt wird und daß die tatsächliche Füllstandshöhe der Flüssigkeit im Behälter rechnerisch aus der Laufzeit des Bodensignals, dem tatsächlichen Bodenabstand, der Dielektrizitätszahl und der Permeabilitätszahl der Flüssigkeit zumindest annähernd bestimmt wird.



DE 42 33 324 C 2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Messung des Füllstandes einer Flüssigkeit in einem Behälter nach dem Radarprinzip, mit Hilfe einer ein Mikrowellensignal in Richtung auf den Flüssigkeitsspiegel und den Boden abstrahlenden, über dem Flüssigkeitsspiegel angeordneten Sendeantenne und mit Hilfe einer unter anderem ein am Flüssigkeitsspiegel reflektiertes Signal und ein am Boden des Behälters reflektiertes Bodensignal empfangenden Empfangsantenne, bei welchem der tatsächliche Bodenabstand zwischen Sendeantenne bzw. Empfangsantenne und dem Boden des Behälters bekannt ist und bei welchem für die Flüssigkeit im Behälter die Dielektrizitätszahl und die Permeabilitätszahl zumindest annähernd bekannt sind.

Das zuvor beschriebene Verfahren ist aus der WO-A-90/12292 bekannt. Dieser Druckschrift ist ein Verfahren zur Messung des Füllstandes einer Flüssigkeit in einem Behälter nach dem Radarprinzip zu entnehmen, welches mit Hilfe einer ein Mikrowellensignal in Richtung auf den Flüssigkeitsspiegel und den Boden abstrahlenden, über dem Flüssigkeitsspiegel angeordneten Sendeantenne und mit Hilfe einer unter anderem das am Flüssigkeitsspiegel reflektierte Signal empfangenden Empfangsantenne die tatsächliche Füllstandshöhe der Flüssigkeit im Behälter über die Laufzeit des Meßsignals bestimmt. Zwangsläufig empfängt die Empfangsantenne auch das am Boden des Behälters reflektierte Bodensignal. Die Besonderheit des Verfahrens gemäß der WO-A-90/12292 besteht darin, daß die Laufzeit des am Flüssigkeitsspiegel reflektierten Signals abhängig vom Partialdruck gasförmiger Stoffe oberhalb der Flüssigkeit korrigiert wird. Das Verfahren gemäß der WO-A-90/12292 befaßt sich also damit, die Laufzeit des am Flüssigkeitsspiegel reflektierten Signals unter Berücksichtigung äußerer Einflüsse zu korrigieren.

Weiter ist aus der DD-A-1 50 939 eine Einrichtung zur kontinuierlichen Messung des Füllstandes von Materialien bekannt, bei der mittels eines Impulses in einer HF-Leitung eine Lecherwelle erzeugt wird, die in einem Transformator in eine Oberflächenwelle umgewandelt wird. Diese Oberflächenwelle breitet sich entlang einer als Drahtwellenleiter nach Harms-Goubau ausgeführten frei beweglichen Sonde aus. Bei dieser Einrichtung wird an der Grenzfläche zwischen Luft und Material ein Teil des Impulses reflektiert, woraufhin aus der Laufzeit des reflektierten Teiles der Füllstand des Materials bestimmt wird. Der Einfluß von Störsignalen wird in der DD-A-150 939 nicht behandelt.

Neben anderen Verfahren zur Messung des Füllstandes einer Flüssigkeit in einem Behälter ist die Flüssigkeitsmessung nach dem Radarprinzip insbesondere für größere Behälter in Tankanlagen od. dgl. verbreitet. Das Radarprinzip beruht auf der Eigenschaft elektromagnetischer Wellen, sich innerhalb eines homogenen nichtleitenden Mediums mit konstanter Geschwindigkeit auszubreiten und an der Grenzfläche unterschiedlicher Medien einen Teil der Energie zu reflektieren. Aus der gemessenen Zeitdifferenz, die zwischen ausgesendeten und wieder empfangenen Wellen entsprechender Wellenlänge verstreicht, läßt sich die Entfernung einer angestrahlten Grenzfläche bestimmen. Um die Laufzeit zwischen dem Aussenden und dem Wiedereintreffen des Signals am Aussendeort definiert messen zu können, müssen die elektromagnetischen Wellen moduliert werden. Besonders häufig wird die Impulsmodulation verwendet. Diese hat den Vorteil, daß eine gemeinsame

Sende- und Empfangsantenne verwendet werden kann, wenn während des Sendens der Empfangszweig über eine Sende-/Empfangsweiche vom gemeinsamen Wellenleiter getrennt wird.

Das Radarprinzip läßt sich mit elektromagnetischen Wellen eines weiten Frequenzbereichs realisieren, die Frequenzwahl ist durch verschiedene Randbedingungen, zu denen auch und besonders der Anwendungsbe-
reich gehört, bestimmt. Für die Messung des Füllstandes einer Flüssigkeit in einem Behälter ist der Mikrowellenbereich passend. Besonders in diesem Bereich hat sich neben der Impulsmodulation auch eine Frequenzmodulation des Mikrowellensignals als Modulationsart durchgesetzt (FMCW-Radar). Dabei wird die Modulation nicht durch Impulse und Impulspausen realisiert, sondern bei kontinuierlicher Abstrahlung des Mikrowellensignals durch eine meist sägezahnförmig mit der Zeit ansteigende und am Ende des Anstiegs wieder zurückspringende Frequenz.

Die Füllstandshöhe im Behälter errechnet sich aus der bekannten Innenhöhe des Behälters, also dem tatsächlichen Bodenabstand zwischen Antenne und Boden des Behälters, und dem freien Abstand zwischen Flüssigkeitsspiegel und Antenne. Dieser Abstand kann bei bekannter Signallaufzeit und bekannter Ausbreitungsgeschwindigkeit des Mikrowellensignals aus dem vom Flüssigkeitsspiegel reflektierten Signal ermittelt werden.

Tatsächlich ist das Signal häufig stark gestört. Insbesondere bei einer Flüssigkeit mit relativ niedriger Dielektrizitätszahl (beispielsweise ϵ_r unter 2 wie z. B. bei Paraffin) wird der überwiegende Teil des Mikrowellensignals nicht an der Grenzfläche Flüssigkeitsspiegel reflektiert, sondern am normalerweise leitfähigen Boden des Behälters. Wenn das Bodensignal nicht, wie bei großer Füllhöhe und/oder elektrischer Leitfähigkeit der Flüssigkeit in der Flüssigkeit ganz oder überwiegend absorbiert wird, stellt das ein erhebliches auswertungstechnisches Problem dar. Dieses wird um so größer, je geringer die Füllstandshöhe ist. Hinzu kommt, daß auch sonstige Quellen für Störsignale vorhanden sind (Streuungen), so daß die meßtechnische Auswertung des Spektrums der empfangenen Signale sich als häufig schwierig erweist. Jedenfalls ist erheblicher filtertechnischer Aufwand zu betreiben.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, das bekannte Verfahren so auszugestalten und weiterzubilden, daß es auswertungstechnisch einfacher zu zuverlässigen Ergebnissen führt.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß die Laufzeit des Bodensignals bestimmt wird und daß die tatsächliche Füllstandshöhe der Flüssigkeit im Behälter rechnerisch aus der Laufzeit des Bodensignals, dem tatsächlichen Bodenabstand, der Dielektrizitätszahl und der Permeabilitätszahl der Flüssigkeit zumindest annähernd bestimmt wird. Erfindungsgemäß wird das eigentlich das wesentliche Störsignal darstellende Bodensignal meßtechnisch ausgewertet. Es ist nämlich erkannt worden, daß dann, wenn man die Dielektrizitäts- und Permeabilitätszahlen der Flüssigkeit kennt, dieses Bodensignal die Information über den in der Flüssigkeit zurückgelegten Weg und damit über die Füllstandshöhe der Flüssigkeit enthält. Tatsächlich ist nämlich die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Mikrowellensignals in der Flüssigkeit entsprechend der Dielektrizitäts- und Permeabilitätszahlen der Flüssigkeit geringer als oberhalb des Flüssigkeitsspiegels, wo jedenfalls praktisch immer von dem Multiplikator 1 aus-

gegangen werden kann. Rechnerisch gemäß der zuvor beschriebenen Lehre ausgewertet kommt man aus dem scheinbaren Bodenabstand, der wegen der durch die Flüssigkeit erhöhten Laufzeit des Mikrowellensignals größer ist als der tatsächliche Bodenabstand, über die angegebene Verhältnisrechnung zu der tatsächlichen Füllstandshöhe.

Es mag unterschiedliche Möglichkeiten geben, die rechnerische Auswertung gemäß Anspruch 1 in einer Formel wiederzugeben, Anspruch 2 gibt eine besonders zweckmäßige Auswerteformel an.

Besondere Bedeutung gewinnt das erfindungsgemäße Verfahren dann, wenn man es mit dem bislang bekannten Verfahren mit unmittelbarer Messung des am Flüssigkeitsspiegel reflektierten Signals selbst verbindet. Einerseits gibt das eine doppelte Sicherheit, andererseits gibt dies die Möglichkeit, auch bei nur annähernd bekannten Dielektrizitäts- und Permeabilitätszahlen der Flüssigkeit zu richtigen Ergebnissen zu gelangen. Dabei wird dann so gearbeitet, daß im Spektrum der empfangenen Signale — am Flüssigkeitsspiegel reflektiertes Signal und Störsignal — mittels des rechnerisch ermittelten Wertes für die tatsächliche Füllstandshöhe eines der Signale als das am Flüssigkeitsspiegel reflektierte Signal identifiziert wird. Die zutreffende Auswertung durch richtige Identifizierung des am Flüssigkeitsspiegel reflektierten Signals gelingt auch bei einer Fehlerbandbreite für die Dielektrizitäts- und/oder Permeabilitätszahlen dadurch, daß unter Berücksichtigung der Fehlerbandbreite der Dielektrizitäts- und Permeabilitätszahlen ϵ_r und μ_r und des Bodensignals der Wert für die tatsächliche Füllstandshöhe rechnerisch mit einer bestimmten Fehlerbandbreite ermittelt und mit dieser Fehlerbandbreite als Erkennungsfenster über das Spektrum der empfangenen Signale — am Flüssigkeitsspiegel reflektiertes Signal und Störsignal — gelegt wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich für alle Arten der Meßtechnik nach dem Radarprinzip, insbesondere also sowohl für Frequenzmodulation als auch für Impulsmodulation.

Im folgenden wird die Erfindung anhand einer erläuternden Zeichnung dargestellt. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 schematisch links die verschiedenen Signalverläufe in einem teilweise mit einer Flüssigkeit gefüllten Behälter, rechts eine zugeordnete Signalauswertung und

Fig. 2 eine Fig. 1 entsprechende Darstellung zur Erläuterung der verschiedenen Parameter der Auswertungsgleichung des erfindungsgemäßen Verfahrens sowie, rechts, des Prinzips der Signalauswertung bei Frequenzmodulation (FMCW-Radar).

Anhand von Fig. 1 wird das Verfahren zur Messung des Füllstandes einer Flüssigkeit 1 in einem Behälter 2 nach dem Radarprinzip beschrieben. Bei diesem Verfahren wird von einer über dem Flüssigkeitsspiegel 3 angeordneten Antenne 4, die von einem Mikrowellengenerator 5 üblicher Bauart gespeist wird, ein Mikrowellensignal in Richtung des Flüssigkeitsspiegels 3 und des Bodens 6 des Behälters 2 abgestrahlt. Das gesendete Mikrowellensignal ist durch das Bezugszeichen S und nach unten gerichtete Pfeile, die das Auftreffen auf dem Flüssigkeitsspiegel 3 und dem Boden 6 des Behälters 2 andeuten, identifiziert.

Am Flüssigkeitsspiegel 3 wird ein Meßsignal r_1 reflektiert und von der Antenne 4 oder, hier nicht dargestellt, einer zweiten Antenne — Empfangsantenne — empfangen. Aus der für das am Flüssigkeitsspiegel reflektierte

Signal r_1 ermittelten Laufzeit wird die Füllstandshöhe, Höhe des Flüssigkeitsspiegels 3 im Behälter 2, ermittelt. Jedenfalls ist das die normale, aus dem Stand der Technik bekannte Verfahrensweise. In Fig. 1 rechts ist schematisch die Signalauswertung dargestellt, man erkennt hier den Signalpeak für das Meßsignal r_1 auf einer Koordinate, die bei der vorgeschlagenen Frequenzmodulation (FMCW-Radar) das Frequenzspektrum darstellt (die Frequenz ändert sich zeitabhängig), bei der auch weit verbreiteten Impulsmodulation einfach eine Zeitkoordinate ist.

Andere Signale als das am Flüssigkeitsspiegel reflektierte Signal werden als Störsignale angesehen, das gilt insbesondere für das am Boden 6 reflektierte, meist relativ starke Bodensignal r_2 , das in Fig. 1 eingezeichnet ist und in Fig. 1 rechts an der Koordinate auch zu sehen ist. Dieses wird entweder ausgefiltert oder anderweit meßtechnisch berücksichtigt.

Wenn man nun voraussetzt, was ohne weiteres vorausgesetzt werden kann, daß nämlich der tatsächliche Bodenabstand, also Abstand des Bodens 6 des Behälters 2 von der Antenne 4, bekannt ist, Bodenabstand h in Fig. 2, und wenn man ferner voraussetzt, daß für die Flüssigkeit 1 im Behälter 2 die Dielektrizitätszahl ϵ_r und die Permeabilitätszahl μ_r zumindest annähernd bekannt sind, dann kann man mit der erfindungsgemäßen Verfahrensweise nicht das am Flüssigkeitsspiegel reflektierte Signal r_1 oder jedenfalls nicht nur das am Flüssigkeitsspiegel reflektierte Signal r_1 messen und auswerten, sondern auf das Bodensignal r_2 alleine oder jedenfalls zusätzlich als Informationsquelle zurückgreifen. Das ist im allgemeinen Teil der Beschreibung erläutert worden und wird anhand von Fig. 2 nochmals ergänzend beschrieben. Dabei zeigt hier d den freien Abstand oberhalb des Flüssigkeitsspiegels 3, l ist die tatsächliche Füllstandshöhe und l_s ist eine scheinbare Füllstandshöhe, die sich daraus ergibt, daß die Ausbreitungsgeschwindigkeit c_{r1} in der Flüssigkeit 1 geringer ist als die Ausbreitungsgeschwindigkeit c_1 im Raum oberhalb des Flüssigkeitsspiegels 3, der normalerweise gasgefüllt, insbesondere luftgefüllt ist.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wird auch für das Bodensignal r_2 die Laufzeit und aus dieser Laufzeit ein scheinbarer Bodenabstand h_s ermittelt. Das Verhältnis von scheinbarem Bodenabstand h_s zum tatsächlichen Bodenabstand h läßt auf das Verhältnis von scheinbarer Füllstandshöhe l_s zu der, bislang unbekannten tatsächlichen Füllstandshöhe l rückschließen, da man nämlich in beiden Fällen den freien Abstand d oberhalb des Flüssigkeitsspiegels 3 als Konstante betrachten kann. Das Verhältnis von scheinbarer Füllstandshöhe l_s zu tatsächlicher Füllstandshöhe l entspricht dem Verhältnis von Ausbreitungsgeschwindigkeit c_1 oberhalb des Flüssigkeitsspiegels 3 zu Ausbreitungsgeschwindigkeit c_{r1} in der Flüssigkeit 1. Dieses Verhältnis ist wiederum nach physikalischen Gesetzen der Wurzel aus dem Produkt der Dielektrizitäts- und Permeabilitätszahlen ϵ_r und μ_r der Flüssigkeit gleich, wenn man Abweichungen von 1 im Gas oberhalb des Flüssigkeitsspiegels 3 vernachlässigt. Die Auswertungsgleichung lautet also in dieser Weise:

$$\frac{l_s}{l} = \frac{h_s - d}{h - d} = \frac{c_1}{c_{r1}} = \sqrt{\epsilon_r \mu_r}$$

Im einzelnen beruht diese Auswertung auf der Über-

legung, daß die tatsächliche Füllstandshöhe l sich als Differenz des tatsächlichen Bodenabstands h und des freien Abstands d oberhalb des Flüssigkeitsspiegels ergibt. Wenn man nun den freien Abstand d aus der zuvor wiedergegebenen Gleichung ermitteln kann, was möglich ist, wenn man h , ϵ_r und μ_r kennt, so kann man unmittelbar l ermitteln. Aus der zuvor wiedergegebenen Gleichung folgt die Ermittlung von d nach folgender Auflösung:

$$\begin{aligned} h_s - d &= \sqrt{\epsilon_r \mu_r} (h - d) \\ h_s - h \sqrt{\epsilon_r \mu_r} &= d (1 - \sqrt{\epsilon_r \mu_r}) \\ d &= h_s \frac{1}{1 - \sqrt{\epsilon_r \mu_r}} - h \frac{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}}{1 - \sqrt{\epsilon_r \mu_r}} \end{aligned}$$

Mittels der abschließenden Auswertung $l = h - d$ kommt man dann zu dem gewünschten Ergebnis.

Erfindungsgemäß wird also die im Bodensignal r_2 enthaltene Information über die Laufzeitveränderung des Mikrowellensignals in der Flüssigkeit 1 extrahiert und daraus wird die tatsächliche Füllstandshöhe l ermittelt. Das hat den großen Vorteil, daß das regelmäßig relativ starke Bodensignal r_2 ausgewertet werden kann und nicht das regelmäßig relativ schwache am Flüssigkeitsspiegel reflektierte Signal r_1 im Spektrum der empfangenen Signale ausgefiltert werden muß. Die Auswertungstechnik ist also wesentlich einfacher.

Man kann also im Prinzip erfindungsgemäß aus dem Bodensignal r_2 die Füllstandshöhe l bestimmen, selbst wenn das am Flüssigkeitsspiegel reflektierte Signal r_1 selbst überhaupt nicht meßbar ist. Man kann das Bodensignal r_2 im erfindungsgemäßen Verfahren aber auch für eine zusätzliche Sicherheit bei der Feststellung des tatsächlichen am Flüssigkeitsspiegel reflektierten Signals r_1 nutzen. Das geschieht dadurch, daß im Spektrum der empfangenen Signale — am Flüssigkeitsspiegel reflektierte Signale und Störsignale — mittels des rechnerisch ermittelten Wertes für die tatsächliche Füllstandshöhe l eines der Signale als das am Flüssigkeitsspiegel reflektierte Signal r_1 identifiziert wird. Diesem Verfahren wird in der Praxis besondere Bedeutung zukommen, und zwar insbesondere dann, wenn die Dielektrizitätskonstante ϵ_r und/oder die Permeabilitätskonstante μ_r der Flüssigkeit 1 nur annähernd bekannt ist. Dann kann man nämlich so vorgehen, daß unter Berücksichtigung der Fehlerbandbreite von ϵ_r und μ_r und des Bodensignals r_2 der Wert für die tatsächliche Füllstandshöhe l rechnerisch mit einer bestimmten Fehlerbandbreite ermittelt und mit dieser Fehlerbandbreite als Erkennungsfenster über das Spektrum der tatsächlich empfangenen Signale gelegt wird. Das ist in Fig. 2 rechts mit dem Erkennungsfenster $\Delta 1$ angedeutet, in das nun das tatsächliche am Flüssigkeitsspiegel reflektierte Signal r_1 im Spektrum der insgesamt empfangenen Signale fällt. Dieses an sich sehr kleine, am Flüssigkeitsspiegel reflektierte Signal r_1 erkennt man als das "richtige" Signal im Spektrum, da es in das Erkennungsfenster $\Delta 1$ fällt.

Das zuvor erläuterte kombinierte Verfahren ist besonders verläßlich, setzt aber natürlich voraus, daß das am Flüssigkeitsspiegel reflektierte Signal r_1 überhaupt meßtechnisch erfassbar ist. Wenn das so ist, kann man die Fehlerbandbreite bei dem aus dem Bodensignal r_2 ermittelten Wert, die in erster Linie daraus resultiert,

daß die Dielektrizitätszahl ϵ_r und/oder der tatsächliche Bodenabstand h (seltener die Permeabilitätszahl μ_r) nicht genau genug bekannt sind, auswertungstechnisch berücksichtigen.

Den tatsächlichen Bodenabstand h kann man normalerweise durch Ausmessen des Behälters 2 ermitteln. Man kann auch eine Referenzmessung ohne Flüssigkeit im Behälter 2 durchführen und daraus — über ein den tatsächlichen Bodenabstand wiedergebendes Bodensignal r_2 — den tatsächlichen Bodenabstand ermitteln. Ist das am Flüssigkeitsspiegel reflektierte Signal r_1 selbst ohne weiteres im Spektrum ermittelbar, so kann man aus diesem andere Parameter rückrechnen, beispielsweise d und h_s . Dazu muß man die oben wiedergegebenen Gleichungen nur nach unterschiedlichen Parametern hin auflösen.

Die Fig. 1 und 2 geben das erfindungsgemäße Verfahren bei einer Frequenzmodulation wieder, entsprechende Auswertungen erfolgen aber auch bei Impulsmodulation. Zum Verständnis der Frequenzmodulation ist zu Fig. 2 zu erläutern, daß die Frequenzlage bei Reflexion am Boden 6 bei Flüssigkeit 1 im Behälter 2 bei höheren Frequenzen liegt als bei leerem Behälter 2.

Im übrigen erkennt man in Fig. 2 rechts eben gut die Darstellung des Erkennungsfensters $\Delta 1$, das die Identifizierung des am Flüssigkeitsspiegel reflektierten Signals r_1 aus dem Spektrum aller empfangenen Signale erlaubt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Messung des Füllstandes einer Flüssigkeit in einem Behälter nach dem Radarprinzip, mit Hilfe einer ein Mikrowellensignal in Richtung auf den Flüssigkeitsspiegel und den Boden abstrahlenden, über dem Flüssigkeitsspiegel angeordneten Sendeantenne und mit Hilfe einer unter anderem ein am Flüssigkeitsspiegel reflektiertes Signal und ein am Boden des Behälters reflektiertes Bodensignal empfangenden Empfangsantenne, bei welchem der tatsächliche Bodenabstand zwischen Sendeantenne bzw. Empfangsantenne und dem Boden des Behälters bekannt ist und bei welchem für die Flüssigkeit im Behälter die Dielektrizitätszahl und die Permeabilitätszahl zumindest annähernd bekannt sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Laufzeit des Bodensignals bestimmt wird und daß die tatsächliche Füllstandshöhe der Flüssigkeit im Behälter rechnerisch aus der Laufzeit des Bodensignals, dem tatsächlichen Bodenabstand, der Dielektrizitätszahl und der Permeabilitätszahl der Flüssigkeit zumindest annähernd bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die rechnerische Auswertung nach der Gleichung

$$\frac{l_s}{l} = \frac{h_s - d}{h - d} = \frac{c_l}{c_f} = \sqrt{\epsilon_r \mu_r}$$

erfolgt, wobei l_s die scheinbare Flüssigkeitshöhe, l die tatsächliche Flüssigkeitshöhe, h_s der scheinbare Bodenabstand, h der tatsächliche Bodenabstand, d der freie Abstand oberhalb des Flüssigkeitsspiegels, c_l die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Mikrowellensignals in Luft, c_f die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Mikrowellensignals in der Flüssigkeit, ϵ_r die Dielektrizitätszahl der Flüssigkeit und

μ_r die Permeabilitätszahl der Flüssigkeit ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß im Spektrum der empfangenen Signale mittels des rechnerisch ermittelten Wertes für die tatsächliche Füllstandshöhe eines der Signale als das am Flüssigkeitsspiegel reflektierte Signal identifiziert wird. 5

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß unter Berücksichtigung der Fehlerbandbreite der Dielektrizitäts- und Permeabilitätszahlen ϵ_r und μ_r und des Bodensignals der Wert für die tatsächliche Füllstandshöhe rechnerisch mit einer bestimmten Fehlerbandbreite ermittelt und mit dieser Fehlerbandbreite als Erkennungsfenster über das Spektrum der empfangenen Signale gelegt wird. 10 15

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das von der Sendeanenne abgestrahlte Mikrowellensignal mit Impulsmodulation oder Frequenzmodulation moduliert wird. 20

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

